

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_密级\_\_\_\_

学 号: 20720121150047

UDC\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

新型含氟硫酸盐、磷酸盐、钒酸盐化合物的合成与表  
征

Synthesis and Characterization of Novel  
Fluorine-Containing Sulfate, Phosphate and Vanadate  
Compounds

余 子 群

指导教师姓名: 宓 锦 校 教授

专 业 名 称: 材 料 学

论文提交日期: 2015 年 4 月

论文答辩日期: 2015 年 5 月

学位授予日期: 2015 年 5 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2015 年 5 月

---

**Synthesis and Characterization of Novel  
Fluorine-Containing Sulfate, Phosphate and Vanadate  
Compounds**



A Dissertation Submitted to the Graduate School in Partial  
Fulfillment of the Requirement for the Master Degree of  
Philosophy

By

**Yu Zi-Qun**

Directed by Prof. **Mi Jin-Xiao**

**Department of Materials Science and Engineering, College  
of Materials, Xiamen University**

May 2015

---

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

目 录	
摘 要.....	I
Abstract.....	i
第一章 绪论 .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 硫酸盐化合物的研究现状 .....	3
1.2.1 硫酸盐的结构化学.....	3
1.2.2 过渡金属硫酸盐的研究现状.....	8
1.2.2.1 过渡金属硫酸盐的研究背景.....	8
1.2.2.2 过渡金属硫酸盐的研究进展.....	8
1.2.3 稀土硫酸盐的研究现状.....	12
1.2.3.1 稀土元素的配位形式.....	12
1.2.3.2 稀土硫酸盐的研究背景.....	13
1.2.3.3 稀土硫酸盐的研究进展.....	14
1.2.4 稀土-过渡金属硫酸盐的研究现状 .....	15
1.2.4.1 稀土-过渡金属硫酸盐的研究背景 .....	15
1.2.4.2 稀土-过渡金属硫酸盐的研究进展 .....	15
1.3 过渡金属磷酸盐的研究背景 .....	16
1.4 空间群的确定 .....	16
1.5 本课题的选题依据及意义 .....	17
参考文献 .....	19
第二章 实验方法原理及分析测试仪器 .....	29
2.1 样品的合成 .....	29
2.1.1 合成方法.....	29
2.1.2 主要化学试剂.....	29
2.1.3 实验流程.....	30
2.2 分析表征方法及测试仪器 .....	31

2.2.1 单晶 X 射线衍射测试 (Single Crystal X-ray Diffraction) .....	31
2.2.2 粉末 X 射线衍射测试 (Power X-ray Diffraction) .....	31
2.2.3 红外光谱测试 (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) .....	31
2.2.4 热分析测试 (Thermal Analysis) .....	32
2.2.5 扫描电镜测试 (SEM) 和能谱分析测试 (EDS) .....	33
2.2.6 磁性测试 (Magnetism) .....	33
参考文献 .....	34
<b>第三章 新型过渡金属氟硫酸盐的合成与表征 .....</b>	<b>35</b>
3.1 引言 .....	35
3.2 $\text{Na}_2\text{VF}_3(\text{SO}_4)$ 的合成与表征 .....	36
3.2.1 样品合成 .....	36
3.2.2 形貌与成分 .....	37
3.2.3 晶体结构的测定 .....	38
3.2.4 晶体结构分析与讨论 .....	39
3.2.5 化合物的红外分析 .....	42
3.2.6 化合物的热分析 .....	43
3.2.7 化合物的磁性测试分析 .....	44
3.3 $\text{Na}_7\text{Mn}_3(\text{F,OH})_{12}(\text{SO}_4)_2$ 的合成与表征 .....	45
3.3.1 样品合成 .....	45
3.3.2 形貌与成分 .....	46
3.3.3 晶体结构的测定 .....	46
3.3.4 晶体结构讨论与分析 .....	48
3.3.5 化合物的红外分析 .....	51
3.3.6 化合物的热分析 .....	52
3.4 $\text{Na}_{12}\text{A}^{\text{III}}_2\text{B}^{\text{II}}\text{F}_8(\text{SO}_4)_6$ ( $\text{A} = \text{V, Cr, Mn, Fe}$ ; $\text{B} = \text{Co, Ni, Cu, Zn}$ ) 的合成与表征 .....	53
3.4.1 样品合成 .....	53
3.4.2 形貌与成分 .....	54
3.4.3 晶体结构的测定 .....	54

3.4.4 晶体结构讨论与分析.....	56
<b>3.5 <math>\text{Na}_3\text{CrF}_2(\text{SO}_4)_2</math> 与 <math>\text{Na}_2\text{CrF}_3(\text{SO}_4)</math>的合成与表征 .....</b>	<b>59</b>
3.5.1 样品合成.....	59
3.5.2 晶体结构的测定.....	60
3.5.3 晶体结构讨论与分析.....	61
<b>3.6 本章小结 .....</b>	<b>63</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>65</b>
<b>第四章 新型稀土金属氟硫酸盐的合成与表征 .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1 引言 .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2 <math>\text{NaCeF}(\text{SO}_4)_2</math>、<math>\text{NaCe}_2(\text{F},\text{OH})_5(\text{SO}_4)_2</math>、<math>\text{NaCe}_2\text{F}_3(\text{SO}_4)_2</math>的合成与表征 ....</b>	<b>68</b>
4.2.1 样品合成.....	68
4.2.2 形貌与成分.....	70
4.2.3 晶体结构的测定.....	71
4.2.4 晶体结构分析与讨论.....	73
4.2.4.1 化合物 1 的晶体结构描述.....	73
4.2.4.2 化合物 2 的晶体结构描述.....	75
4.2.4.3 化合物 3 的晶体结构描述.....	78
4.2.4.4 三种化合物的对比.....	79
4.2.5 化合物的红外分析.....	80
4.2.6 化合物的热分析.....	82
<b>4.3 <math>\text{Li}_6\text{CeF}_8(\text{SO}_4)</math>与 <math>\text{Ce}_3\text{F}_4(\text{SO}_4)_2</math>的合成与表征 .....</b>	<b>84</b>
4.3.1 样品合成.....	84
4.3.2 形貌与成分.....	84
4.3.3 晶体结构的测定.....	85
4.3.4 晶体结构讨论与分析.....	87
4.3.4.1 $\text{Li}_6\text{CeF}_8(\text{SO}_4)$ 的晶体结构描述.....	87
4.3.4.2 $\text{Ce}_3\text{F}_4(\text{SO}_4)_2$ 的晶体结构描述 .....	89
<b>4.4 <math>\text{NaLu}_2\text{F}_3(\text{SO}_4)_2</math>的合成与表征 .....</b>	<b>92</b>
4.4.1 样品合成.....	92

4.4.2 晶体结构的测定.....	93
4.4.3 $\text{NaLu}_2\text{F}_3(\text{SO}_4)_2$ 的晶体结构描述 .....	93
4.5 本章小结 .....	94
参考文献 .....	96
<b>第五章 新型过渡—稀土混合金属硫酸盐的合成与表征.....</b>	<b>98</b>
5.1 引言 .....	98
5.2 $\text{LnFe}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的合成与表征.....	99
5.2.1 样品合成.....	99
5.2.2 形貌与成分.....	100
5.2.3 晶体结构的测定.....	101
5.2.4 晶体结构分析与讨论.....	102
5.2.5 化合物的 XRD 讨论 .....	106
5.2.6 化合物的红外分析.....	108
5.2.7 化合物的热分析.....	110
5.2.7.1 化合物的热失重曲线.....	110
5.2.7.2 化合物热失重产物的 XRD 分析 .....	111
5.2.7.3 化合物热失重产物的红外分析.....	113
5.2.8 化合物的磁性测试分析.....	114
5.3 本章小结 .....	116
参考文献 .....	117
<b>第六章 具有 <math>P2_1/c</math> 超结构的 <math>\text{NaVO}_2\text{F}_2</math> 同质异构体.....</b>	<b>120</b>
6.1 引言 .....	120
6.2 $\text{NaVO}_2\text{F}_2$ 的合成与表征.....	122
6.2.1 样品合成.....	122
6.2.2 形貌与成分.....	122
6.2.3 晶体结构的测定.....	122
6.2.4 第一性原理计算.....	125
6.2.5 化合物的热分析.....	126



6.3 结果与讨论 .....	127
6.3.1 化合物晶胞参数与空间群的确定.....	127
6.3.2 第一性原理计算和晶型之间的关系.....	134
6.4 本章小结 .....	135
参考文献 .....	136
第七章 新型过渡金属磷酸盐的合成与表征 .....	139
7.1 引言 .....	139
7.2 $\text{Na}_3(\text{K}_x\text{H}_{3-x}\text{O}_{1-x})_3\text{V}_6\text{O}_5(\text{OH})_2\text{F}_2(\text{P}_2\text{O}_7)_4$ 的合成与表征.....	140
7.2.1 样品合成.....	140
7.2.2 形貌与成分.....	141
7.2.3 晶体结构的测定.....	143
7.2.4 晶体结构分析与讨论.....	144
7.2.5 化合物的红外分析.....	146
7.2.6 化合物的热分析.....	148
7.3 $\text{Na}_3\text{Fe}(\text{V}_{1-x-y}\text{Cr}_x\text{Fe}_y)_2(\text{HPO}_4)_6$ 的合成与表征 .....	149
7.3.1 样品合成.....	149
7.3.2 形貌与成分.....	150
7.3.3 晶体结构的测定.....	150
7.3.4 晶体结构讨论与分析.....	152
7.3.5 化合物的红外分析.....	156
7.4 本章小结 .....	156
参考文献 .....	158
第八章 总结 .....	160
致谢.....	165

## Table of contents

<b>Abstract in Chinese.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract in English .....</b>	<b>i</b>
<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 The current research status of sulfates compound .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 The structure chemistry of sulfates .....	3
1.2.2 The current research status of transition metal sulfates .....	8
1.2.2.1 The research background of transition metal sulfates.....	8
1.2.2.2 The research progress of transition metal sulfates .....	8
1.2.3 The current research status of rare-earth sulfates .....	12
1.2.3.1 Coordination of rare-earth elements .....	12
1.2.3.2 The research background of rare-earth sulfates .....	13
1.2.3.3 The research progress of rare-earth sulfates .....	14
1.2.4 The current research status of rare earth- transition metal sulfates ....	15
1.2.4.1 The research background of rare earth-transition metal sulfates .....	15
1.2.4.2 The research progress of rare earth-transition metal sulfates ..	15
<b>1.3 The research background of transition metal phosphates .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Determination of space group.....</b>	<b>16</b>
<b>1.5 Motivation and objective for present investigations.....</b>	<b>17</b>
<b>References.....</b>	<b>19</b>
<b>Chapter 2 Experimental methods and instrument.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 The synthesis of the samples .....</b>	<b>29</b>
2.1.1 Preparation methods.....	29
2.1.2 Main chemical reagents .....	29
2.1.3 Experimental procedure .....	30

<b>2.2 Instrument, equipments and methods for analyses .....</b>	<b>31</b>
2.2.1 Single crystal X-ray diffraction.....	31
2.2.2 Power X-ray Diffraction .....	31
2.2.3 Fourier Transform Infrared Spectroscopy.....	31
2.2.4 Thermal Analysis .....	32
2.2.5 Scanning electron microscope .....	33
2.2.6 Magnetic property .....	33
<b>References.....</b>	<b>34</b>
 <b>Chapter 3 Synthesis and characterization of novel transition metal</b>	
<b>fluorosulfates .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Introduction.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 The synthesis and characterization of <math>\text{Na}_2\text{VF}_3(\text{SO}_4)</math>.....</b>	<b>36</b>
3.2.1 Synthesis .....	36
3.2.2 Morphology and composition .....	37
3.2.3 The determination of the crystal structure .....	38
3.2.4 The description of the crystal structure.....	39
3.2.5 The infrared characterization .....	42
3.2.6 Thermal analysis .....	43
3.2.7 The magnetic susceptibility .....	44
<b>3.3 The synthesis and characterization of <math>\text{Na}_7\text{Mn}_3(\text{F},\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_2</math>.....</b>	<b>45</b>
3.3.1 Synthesis .....	45
3.3.2 Morphology and composition .....	46
3.3.3 The determination of the crystal structure .....	46
3.3.4 The description of the crystal structure.....	48
3.3.5 The infrared characterization .....	51
3.3.6 化合物的热分析.....	52
<b>3.4 The synthesis and characterization of <math>\text{Na}_{12}\text{A}^{\text{III}}_2\text{B}^{\text{II}}\text{F}_8(\text{SO}_4)_6</math> (<math>\text{A} = \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn},</math></b>	
<b><math>\text{Fe}</math>; <math>\text{B} = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}, \text{Zn}</math>) .....</b>	<b>53</b>

3.4.1 Synthesis .....	53
3.4.2 Morphology and composition .....	54
3.4.3 The determination of the crystal structure .....	54
3.4.4 The description of the crystal structure .....	56
<b>3.5 The synthesis and characterization of <math>\text{Na}_3\text{CrF}_2(\text{SO}_4)_2</math> and <math>\text{Na}_2\text{CrF}_3(\text{SO}_4)</math></b> .....	<b>59</b>
3.5.1 Synthesis .....	59
3.5.2 The determination of the crystal structure .....	60
3.5.3 The description of the crystal structure .....	61
<b>3.6 Summary .....</b>	<b>63</b>
<b>References .....</b>	<b>65</b>
 <b>Chapter 4 Synthesis and characterization of novel rare-earth</b> <b>fluorosulfates .....</b>	 <b>67</b>
<b>4.1 Introduction .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2 The synthesis and characterization of <math>\text{NaCeF}(\text{SO}_4)_2</math> 、 <math>\text{NaCe}_2(\text{F},\text{OH})_5(\text{SO}_4)_2</math>、<math>\text{NaCe}_2\text{F}_3(\text{SO}_4)_2</math> .....</b>	<b>68</b>
4.2.1 Synthesis .....	68
4.2.2 Morphology and composition .....	70
4.2.3 The determination of the crystal structure .....	71
4.2.4 The description of the crystal structure .....	73
4.2.4.1 The crystal structure of compound 1 .....	73
4.2.4.2 The crystal structure of compound 2 .....	75
4.2.4.3 The crystal structure of compound 3 .....	78
4.2.4.4 The comparison of three compounds .....	79
4.2.5 The infrared characterization .....	80
4.2.6 Thermal analysis .....	82
<b>4.3 The synthesis and characterization of <math>\text{Li}_6\text{CeF}_8(\text{SO}_4)</math> and <math>\text{Ce}_3\text{F}_4(\text{SO}_4)_2</math> ...</b>	<b>84</b>
4.3.1 Synthesis .....	84

4.3.2 Morphology and composition .....	84
4.3.3 The determination of the crystal structure .....	85
4.3.4 The description of the crystal structure .....	87
4.3.4.1 The crystal structure of $\text{Li}_6\text{CeF}_8(\text{SO}_4)$ .....	87
4.3.4.2 The crystal structure of $\text{Ce}_3\text{F}_4(\text{SO}_4)_2$ .....	89
<b>4.4 The synthesis and characterization of <math>\text{NaLu}_2\text{F}_3(\text{SO}_4)_2</math> .....</b>	<b>92</b>
4.4.1 Synthesis .....	92
4.4.2 The determination of the crystal structure .....	93
4.4.3 The description of the crystal structure .....	93
<b>4.5 Summary .....</b>	<b>94</b>
<b>References .....</b>	<b>96</b>
 <b>Chapter 5 Synthesis and characterization of novel rare earth-</b>	
<b>transition metal sulfates .....</b>	<b>98</b>
<b>5.1 Introduction .....</b>	<b>98</b>
<b>5.2 The synthesis and characterization of <math>\text{LnFe}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math> .....</b>	<b>99</b>
5.2.1 Synthesis .....	99
5.2.2 Morphology and composition .....	100
5.2.3 The determination of the crystal structure .....	101
5.2.4 The description of the crystal structure .....	102
5.2.5 XRD analyses of compounds .....	106
5.2.6 The infrared characterization .....	108
5.2.7 Thermal analysis .....	110
5.2.7.1 Thermo-gravimetric curve of compounds .....	110
5.2.7.2 XRD analyses of thermo-gravimetric product .....	111
5.2.7.3 Infrared analyses of thermo-gravimetric product .....	113
5.2.8 The magnetic susceptibility .....	114
<b>5.3 Summary .....</b>	<b>116</b>
<b>References .....</b>	<b>117</b>

## **Chapter 6 Polymorphism of $\text{NaVO}_2\text{F}_2$ : A $P2_1/c$ superstructure .....120**

<b>6.1 Introduction.....</b>	<b>120</b>
<b>6.2 The synthesis and characterization of <math>\text{NaVO}_2\text{F}_2</math> .....</b>	<b>122</b>
6.2.1 Synthesis .....	122
6.2.2 Morphology and composition .....	122
6.2.3 The determination of the crystal structure .....	122
6.2.4 First-principles calculations .....	125
6.2.5 Thermal analysis .....	126
<b>6.3 Result and discussion.....</b>	<b>127</b>
6.3.1 Superstructure and determination of space groups .....	127
6.3.2 First-principles calculations and relationships to substructures.....	134
<b>6.4 Summary.....</b>	<b>135</b>
<b>References.....</b>	<b>136</b>

## **Chapter 7 Synthesis and characterization of novel transition metal**

### **phosphates .....139**

<b>7.1 Introduction.....</b>	<b>139</b>
<b>7.2 The synthesis and characterization of <math>\text{Na}_3(\text{K}_x\text{H}_{3-x}\text{O}_{1-x})_3\text{V}_6\text{O}_5(\text{OH})_2\text{F}_2(\text{P}_2\text{O}_7)_4</math>.....</b>	<b>140</b>
7.2.1 Synthesis .....	140
7.2.2 Morphology and composition .....	141
7.2.3 The determination of the crystal structure .....	143
7.2.4 The description of the crystal structure.....	144
7.2.5 The infrared characterization .....	146
7.2.6 Thermal analysis .....	148
<b>7.3 The synthesis and characterization of <math>\text{Na}_3\text{Fe}(\text{V}_{1-x-y}\text{Cr}_x\text{Fe}_y)_2(\text{HPO}_4)_6</math> ....</b>	<b>149</b>
7.3.1 Synthesis .....	149
7.3.2 Morphology and composition .....	150
7.3.3 The determination of the crystal structure .....	150

7.3.4 The description of the crystal structure.....	152
7.3.5 The infrared characterization .....	156
<b>7.4 Summary.....</b>	<b>156</b>
<b>References.....</b>	<b>158</b>
<b>Chapter 8 Conclusions.....</b>	<b>160</b>
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>165</b>

## 摘要

无机开放结构材料具有许多迷人的性质,在社会的各个领域均有着广泛的应用。作为无机开放结构材料的一个重要分支,基于 $[\text{MO}_4]$ ( $\text{M}=\text{Si}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{S}$  等)四面体等构筑而成的化合物在过去的几十年中获得了快速的发展。然而值得注意的是,该类无机化合物中,基于硫酸根基团构筑而成的三维框架结构的研究则很少,这是由于合成方法上的限制所导致的。因此本文系统地探索了新型硫酸盐化合物的合成方法。

此外将 F 离子引入三维框架结构中可以对材料的结构和性能进行改进,例如为了提高磷酸铁锂的电性能,人们尝试将 F 离子引入了磷酸铁锂的结构单元中。因此在近十年来人们合成了大量的含氟磷酸盐。因此本文以过渡金属硫酸盐、稀土金属硫酸盐、混合过渡金属稀土金属硫酸盐、过渡金属磷酸盐体系为研究对象,采用了多氟少水的方法系统地研究了将 F 离子引入这四类化合物的方法,合成出了 20 余种新化合物。通过粉末 X 射线衍射和单晶 X 射线衍射对它们的晶体结构进行了表征,并且通过热分析测试、红外分析测试验证了它们的晶体结构。通过扫描电镜、电子显微镜观察了它们的晶体形貌。并且对部分化合物的磁性进行了测试。本文还对  $\text{NaVO}_2\text{F}_2$  化合物进行了系统的探索,获得了该化合物在不同热力学条件下的 4 种晶型,并系统地探索了特殊条件下空间群确定的方法。

1、在碱金属—过渡金属—硫酸盐体系中,通过多氟少水的方法,成功地将 F 离子引入了三维框架结构中,合成出了 5 种含氟新化合物。并且通过引入的 F 离子对结构的致密程度进行了调控。其中  $\text{Na}_2\text{VF}_3(\text{SO}_4)$  与  $\text{Na}_3\text{CrF}_2(\text{SO}_4)_2$ ;  $\text{Na}_2\text{CrF}_3(\text{SO}_4)$ , 均具有作为电池正极材料的潜在应用,而  $\text{Na}_7\text{Mn}_3(\text{F},\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_2$ ;  $\text{Na}_{12}\text{A}^{\text{III}}_2\text{B}^{\text{II}}\text{F}_8(\text{SO}_4)_6$  ( $\text{A}=\text{V}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Fe}$ ;  $\text{B}=\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ ) 均为富钠化合物,值得注意的是  $\text{Na}_{12}\text{A}^{\text{III}}_2\text{B}^{\text{II}}\text{F}_8(\text{SO}_4)_6$  中八面体和四面体之间由于 F 原子的裁剪作用,使得框架结构中较多原子作为结构的端点,因此该化合物具有较高的容限性;通过单晶 X 射线衍射法确定了这五种化合物的晶体结构,并采用粉末 X 射线衍射、热重分析法、傅立叶红外技术对其结构进行了表征。

2、在碱金属—稀土金属—硫酸盐体系中,通过多氟少水的方法,克服了无水稀土硫酸盐难以制备的困难,成功合成了 6 种新型稀土金属氟硫酸盐化合物,



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.